

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

09.06.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2004年 4月 6日  
Date of Application:

出願番号 特願2004-111861  
Application Number:  
[ST. 10/C]: [JP 2004-111861]

出願人 日本電信電話株式会社  
Applicant(s):

REC'D 29 JUL 2004

WIPO PCT

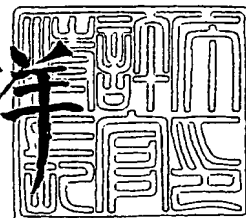
PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2004年 7月15日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小川



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特2004-3061563

【書類名】 特許願  
【整理番号】 NTTH157444  
【提出日】 平成16年 4月 6日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 G01R 29/08  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内  
    【氏名】 佐々木 愛一郎  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内  
    【氏名】 品川 満  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000004226  
    【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社  
【代理人】  
    【識別番号】 100083806  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 三好 秀和  
    【電話番号】 03-3504-3075  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100068342  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 三好 保男  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 001982  
    【納付金額】 16,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1  
    【包括委任状番号】 9701396

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

電界の結合で複屈折率が変化する電気光学結晶と、該電気光学結晶に電界を結合させるために当該電気光学結晶を挟んで設けられた一対の電極とを有し、この一対の電極に電気信号を与えたときの電界の結合によって生じる複屈折率の変化により、当該電気光学結晶に入力された光の位相を変化させる電界光学検出素子において、

前記電気光学結晶の前記光の経路に沿った面の少なくとも 1 つに当該電気光学結晶の屈折率より小さい屈折率を有する低屈折率媒質を備えたことを特徴とする電界光学検出素子。

**【請求項 2】**

前記低屈折率媒質を含むベース部と、

前記ベース部の上面に少なくとも前記電気光学結晶を含んで細く形成され且つ自身の上面を外気に露出させたリッジ部とを備え、

前記各電極は、前記リッジ部の対向する側面のそれぞれから前記ベース部の上面に渡って設けられた、横断面が L 字状の電極であり、

前記低屈折率媒質と前記外気とが前記電気光学結晶を挟んでいることを特徴とする請求項 1 記載の電界光学検出素子。

**【請求項 3】**

前記ベース部が前記低屈折率媒質で構成され、前記リッジ部が前記電気光学結晶で構成されたことを特徴とする請求項 2 記載の電界光学検出素子。

**【請求項 4】**

前記ベース部が前記低屈折率媒質で構成され、前記リッジ部の下部が当該低屈折率媒質で構成されたことを特徴とする請求項 2 記載の電界光学検出素子。

**【請求項 5】**

前記ベース部が前記低屈折率媒質を含み且つ上部が前記電気光学結晶で構成され、前記リッジ部が当該電気光学結晶で構成されたことを特徴とする請求項 2 記載の電界光学検出素子。

**【請求項 6】**

前記低屈折率媒質を構成する元素の種類と前記電気光学結晶を構成する元素の種類とを同じとし、元素の組成比の違いにより屈折率が異なるようにしたことを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の電界光学検出素子。

**【請求項 7】**

前記低屈折率媒質が接着剤であることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の電界光学検出素子。

**【請求項 8】**

前記ベース部が基板を含み且つ上部が前記接着剤で構成され、前記リッジ部が前記電気光学結晶で構成されたことを特徴とする請求項 7 記載の電界光学検出素子。

**【請求項 9】**

前記ベース部が基板で構成され、前記リッジ部の下部が前記接着剤で構成されたことを特徴とする請求項 7 記載の電界光学検出素子。

**【請求項 10】**

前記ベース部が基板を含み且つ上部が前記接着剤と前記電気光学結晶で構成され、前記リッジ部が当該電気光学結晶で構成されたことを特徴とする請求項 7 記載の電界光学検出素子。

**【請求項 11】**

前記低屈折率媒質に代えて周期構造を有するフォトニック結晶を設けたことを特徴とする請求項 1 ないし 5 記載の電界光学検出素子。

**【請求項 12】**

前記低屈折率媒質が前記電気光学結晶の屈折率より小さい屈折率を有する気体であるかまたは当該低屈折率媒質の箇所を真空にしたことを特徴とする請求項 1 または 2 記載の電

界光学検出素子。

【書類名】明細書

【発明の名称】電界光学検出素子

【技術分野】

【0001】

本発明は、電気光学結晶の長さを長くしたときの光の漏れを防止することにより大きな位相変調度を得られる電界光学検出素子に関する。

【背景技術】

【0002】

電気光学 (Electro-optic; EO) 結晶を用いた電界光学検出素子は、光通信に用いられるだけでなく、電界または電気信号を検出するための検出素子としても幅広く用いられている。いずれの用途においても、低い印加電圧で光に大きな位相変化を与えることが望まれる。電界光学検出素子によって、光に与えられる位相変化 $\Delta\phi$ は、次式で与えられる。

【0003】

$$\Delta\phi = \alpha \cdot (V/d) \cdot L$$

ここで、 $\alpha$ は電気光学結晶の種類や電界光学検出素子の構造によって決まる定数、 $V$ は電界光学検出素子に印加される電圧、 $d$ は電界光学検出素子の電極間距離、 $L$ は電界光学検出素子の長さである。この式が示すように、 $d$ が小さく $L$ が大きいほど、光に対して大きな位相変化を与えられる。

【特許文献1】特開2000-171488号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

図6(a)は、ある電界光学検出素子の端面(光の入射面)を示す図であり、図6(b)は、この電界光学検出素子の斜視図である。

【0005】

図6の電界光学検出素子は、上部が細長いリッジ部101になっている電気光学結晶100を備えるものである。

【0006】

この電界光学検出素子では、リッジ部101の対向する各側面101a, 101bにそれぞれ設けた電極15a, 15bに電圧信号を与えると、リッジ部101に電界が結合されて複屈折率が変わる。さらに、ビームスポットBSから光を入射させると、光は位相が変化してリッジ部101から出射する。この光の位相変化を測定することにより電極間の電界強度や信号の電圧を検出することができる。

【0007】

また、リッジ部101が細く、よって $d$ が小さいので、前記の式によれば、大きな位相変化、ならびにこれに応じた位相変調度を得ることができ。

【0008】

ところが、 $L$ を大きくして大きな位相変調度を得ようとした場合には、光の回折効果がその妨げになる。つまり、 $L$ が小さい場合には、光が回折しても、電気光学結晶の端面から出射するので光の損失はないが、 $L$ を大きくした場合には、回折した光がリッジ部101から外れる方向に進行する。

【0009】

図6の電界光学検出素子では、リッジ部101の上面は外気に接しており、また両側面は電極に接しているので、これらの面では反射が起こり、よって光が漏れることはない。

しかし、リッジ部101の下方はリッジ部101と同じく電気光学結晶100で構成されているのでリッジ部101からの光の漏れが生じる。そのため、電気光学結晶の長さを長くする場合には、大きな位相変調度を得ることができない。

【0010】

本発明は、上記の課題に鑑みてなされたものであり、電気光学結晶の長さを長くしたと

きの光の漏れを防止することにより大きな位相変調度が得られる電界光学検出素子を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記の課題を解決するために、請求項1の本発明は、電界の結合で複屈折率が変化する電気光学結晶と、該電気光学結晶に電界を結合させるために当該電気光学結晶を挟んで設けられた一对の電極とを有し、この一对の電極に電気信号を与えたときの電界の結合によって生じる複屈折率の変化により、当該電気光学結晶に入力された光の位相を変化させる電界光学検出素子において、前記電気光学結晶の前記光の経路に沿った面の少なくとも1つに当該電気光学結晶の屈折率より小さい屈折率を有する低屈折率媒質を備えたことを特徴とする電界光学検出素子をもって解決手段とする。

【0012】

請求項2の本発明は、前記低屈折率媒質を含むベース部と、前記ベース部の上面に少なくとも前記電気光学結晶を含んで細く形成され且つ自身の上面を外気に露出させたリッジ部とを備え、前記各電極は、前記リッジ部の対向する側面のそれぞれから前記ベース部の上面に渡って設けられた、横断面がL字状の電極であり、前記低屈折率媒質と前記外気とが前記電気光学結晶を挟んでいることを特徴とする請求項1記載の電界光学検出素子をもって解決手段とする。

【0013】

請求項3の本発明は、前記ベース部が前記低屈折率媒質で構成され、前記リッジ部が前記電気光学結晶で構成されたことを特徴とする請求項2記載の電界光学検出素子をもって解決手段とする。

【0014】

請求項4の本発明は、前記ベース部が前記低屈折率媒質で構成され、前記リッジ部の下部が当該低屈折率媒質で構成されたことを特徴とする請求項2記載の電界光学検出素子をもって解決手段とする。

【0015】

請求項5の本発明は、前記ベース部が前記低屈折率媒質を含み且つ上部が前記電気光学結晶で構成され、前記リッジ部が当該電気光学結晶で構成されたことを特徴とする請求項2記載の電界光学検出素子をもって解決手段とする。

【0016】

請求項6の本発明は、前記低屈折率媒質を構成する元素の種類と前記電気光学結晶を構成する元素の種類とを同じとし、元素の組成比の違いにより屈折率が異なるようにしたことを特徴とする請求項1ないし5のいずれかに記載の電界光学検出素子をもって解決手段とする。

【0017】

請求項7の本発明は、前記低屈折率媒質が接着剤であることを特徴とする請求項1または2記載の電界光学検出素子をもって解決手段とする。

【0018】

請求項8の本発明は、前記ベース部が基板を含み且つ上部が前記接着剤で構成され、前記リッジ部が前記電気光学結晶で構成されたことを特徴とする請求項7記載の電界光学検出素子をもって解決手段とする。

【0019】

請求項9の本発明は、前記ベース部が基板で構成され、前記リッジ部の下部が前記接着剤で構成されたことを特徴とする請求項7記載の電界光学検出素子をもって解決手段とする。

【0020】

請求項10の本発明は、前記ベース部が基板を含み且つ上部が前記接着剤と前記電気光学結晶で構成され、前記リッジ部が当該電気光学結晶で構成されたことを特徴とする請求項7記載の電界光学検出素子をもって解決手段とする。

## 【0021】

請求項11の本発明は、前記低屈折率媒質に代えて周期構造を有するフォトニック結晶を設けたことを特徴とする請求項1ないし5記載の電界光学検出素子をもって解決手段とする。

## 【0022】

請求項12の本発明は、前記低屈折率媒質が前記電気光学結晶の屈折率より小さい屈折率を有する気体であるかまたは当該低屈折率媒質の箇所を真空にしたことを特徴とする請求項1または2記載の電界光学検出素子をもって解決手段とする。

## 【発明の効果】

## 【0023】

本発明によれば、電気光学結晶の光の経路に沿った面の少なくとも1つに当該電気光学結晶の屈折率より小さい屈折率を有する低屈折率媒質を備えたことで、電気光学結晶の長さを長くした場合であっても、回折した光が漏れるのを防止できるので、大きな位相変調度を得ることができる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0024】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

## 【0025】

図1は、本発明の第1の実施の形態に係る電界光学検出素子の光の入射面を示す図である。なお、この電界光学検出素子を斜視したときの形は図6のものと同様であるので斜視図は省略する。

## 【0026】

第1の実施の形態の電界光学検出素子は、電界の結合で複屈折率が変化する電気光学結晶11と、電気光学結晶11の屈折率より小さい屈折率を有する低屈折率媒質12とを備える。低屈折率媒質12の屈折率は電気光学結晶11の屈折率に比べて、約10%以上低い値であることが望ましい。例えば、電気光学結晶11の屈折率が3である場合には、低屈折率媒質の屈折率を2.7以下にすればよい。また一般に、電気光学結晶11と低屈折率媒質12の屈折率差は大きいほど好ましい。電気光学結晶11は、例えば、GaAs（ガリウム砒素）やInP（インジウムリン）やCdTe（カドミウムテルル）やZnTe（ジンクテルル）などで構成される。

また、第1の実施の形態の電界光学検出素子は、ベース部13と、ベース部13の上面13aに少なくとも電気光学結晶11を含んで細く（例えば、厚さ $d=0.1\text{mm}$ 程度に）形成され且つ上面11aを外気（例えば空気）に露出させたリッジ部14と、リッジ部14の対向する各側面14a、14bからベース部13の上面13aに渡って設けられた、横断面がL字状の電極15a、15bとを備えている。そして、上面11aの上方の外気と低屈折率媒質12とが電気光学結晶11を挟む構成となっている。

## 【0027】

第1の実施の形態の電界光学検出素子では、各側面14a、14bからベース部13の上面13aに渡ってL字状の電極15a、15bを設けたので、電極15a、15bをそれぞれ側面14a、14bに設けた場合よりも機械的強度が向上する。例えば、ベース部13とリッジ部14が分離してしまったり、リッジ部14の一部が損壊する可能性を低減できる。

## 【0028】

また、第1の実施の形態の電界光学検出素子では、電気光学結晶11のビームスポットBSから入射した光は、例えば、上方（正のy方向）に回折した場合には、上面11aの上方の外気に反射して電気光学結晶11内に戻される。また、光は、例えば、下方（負のy方向）に回折した場合には、低屈折率媒質12に反射して電気光学結晶11内に戻される。電極15aや15bにおいても、同様に反射が起きる。すなわち、第1の実施の形態の電界光学検出素子には光導波路が構成されていることになる。このとき、電気光学結晶11は、光導波路のコアに相当し、低屈折率媒質12は、光導波路のクラッドに相当する

。このように、第1の実施の形態の電界光学検出素子では、光を電気光学結晶11内に閉じこめることができる。したがって、電気光学結晶11のz方向の長さを長くした場合であっても、回折した光が漏れるのを防止できるので、大きな位相変調度を得ることができる。よって電界や信号検出の感度を高めることができる。

#### 【0029】

特に、実施例1では、ベース部13を低屈折率媒質12で構成し、リッジ部14を電気光学結晶11で構成したことで、後述する実施例2や3よりも、構造を単純にすることができ、よって電界光学検出素子の製造が容易になる。例えば、ベース部13とリッジ部14とを別々に製造したあとで結合することが容易に行える。後述する実施例2や3のように、低屈折率媒質12や電気光学結晶11に突出部が形成されていないので、ベース部13とリッジ部14の損壊の可能性を低くできる。

#### 【0030】

実施例2では、リッジ部14の下部を低屈折率媒質12で構成している。低屈折率媒質12の屈折率が電気光学結晶11の屈折率に比べてそれほど小さくない場合には、低屈折率媒質12への光の染み出しが比較的大きくなる。実施例2では、この染み出した光に対しても電界が結合されるので、リッジ部14の下部を構成する低屈折率媒質12が電気光学効果を有する場合には、検出感度を高めることができる。実施例2では、染み出した光に対して電極15a、15bが正対していない実施例1や実施例3で起きるような感度の低下が無い。

#### 【0031】

実施例3では、ベース部13の上部を電気光学結晶11で構成したことで、電気光学結晶11が大きくなる。特に、上方からの投影面積が大きくなる。これにより、実施例1や2の場合よりも電界光学検出素子の機械強度を高めることができる。感度の向上のためにリッジ部14はできるだけ細く形成されるが、実施例3ではリッジ部14を構成する電気光学結晶11が全体として大きくなることで、リッジ部14の取り扱いが容易になるので、例えば、電気光学結晶11の端面に無反射コーティングを施す作業が容易に行える。

#### 【0032】

なお、第1の実施の形態の低屈折率媒質12に代えて、周期構造を有するフォトニック結晶を用いることも可能である。フォトニック結晶とは光の波長オーダの周期構造を有する材料の総称であり、周期構造を有する領域には光を進入させない性質がある。

#### 【0033】

図2(a)に示すように、フォトニック結晶からなる媒質を用いるときは、周期構造の無い領域と周期構造を有する領域とからなる電気光学結晶を切削加工することにより、周期構造の無い領域からなるリッジ部と周期構造の有る領域からなるベース部とからなる電界光学検出素子を構成することができる。

#### 【0034】

また、図2(b)に示すように、電気光学結晶と周期構造を有するフォトニック結晶とを接着剤で接着した後に前者の方を切削することで電界光学検出素子を構成してもよい。

#### 【0035】

図3は、本発明の第2の実施の形態に係る電界光学検出素子の光の入射面を示す図である。

#### 【0036】

第2の実施の形態の電界光学検出素子は、第1の実施の形態の低屈折率媒質を構成する元素の種類と電気光学結晶を構成する元素の種類を同じとし、元素の組成比の違いにより屈折率が異なるようにしたものである。その他の構成、第1～3の実施例による違いおよび作用効果は、第1の実施の形態の電界光学検出素子のものと変わらないので説明を省略する。

#### 【0037】

第2の実施の形態の電界光学検出素子では、低屈折率媒質を構成する元素の種類と電気光学結晶を構成する元素の種類を同じとしたので、結晶成長プロセスで低屈折率媒質を形



成した後で元素の組成比を変えるだけで、電気光学結晶を連続的に形成することができる。これにより、高屈折率層と低屈折率層とからなる一体的な電気光学結晶 11A が得られる。また、電気光学結晶と低屈折率媒質を別々に製造して結合する場合よりも製造が容易となる。また、低屈折率媒質や電気光学結晶の厚さの調整が容易に行える。また、低屈折率媒質と電気光学結晶との境界面を理想的な平面に近づけることができるので、この境界面に凹凸が多い場合に比べて光の漏れを少なくできる。

#### 【0038】

図4は、本発明の第3の実施の形態に係る電界光学検出素子の光の入射面を示す図である。

#### 【0039】

第3の実施の形態の電界光学検出素子は、電気光学結晶 11 と該電気光学結晶 11 の屈折率より小さい屈折率を有する低屈折率媒質として接着剤 12a とを備える。

#### 【0040】

また、第3の実施の形態の電界光学検出素子は、ベース部 13 と、ベース部 13 の上面 13a に少なくとも電気光学結晶 11 を含んで細く形成され且つ上面 11a を電気光学結晶 11 の上面 11a を外気に露出させたリッジ部 14 と、リッジ部 14 の対向する各側面 14a, 14b からベース部 13 の上面 13a に渡って設けられたL字状の電極 15a, 15b とを備えている。また、上面 11a の上方の外気と接着剤 12a とが電気光学結晶 11 を挟む構成となっている。

#### 【0041】

なお、第3の実施の形態の電界光学検出素子においても、各側面 14a, 14b からベース部 13 の上面 13a に渡ってL字状の電極 15a, 15b を設けたので、電極 15a, 15b をそれぞれ側面 14a, 14b に設けた場合よりも、機械的強度が向上する。

#### 【0042】

また、第3の実施の形態の電界光学検出素子においても、光導波路が構成されていることになるので、光を電気光学結晶 11 内に閉じこめることができる。したがって、電気光学結晶 11 の長さを長くすることにより、大きな位相変調度を得ることが可能となり、よって電界や信号検出の感度を高めることができる。

#### 【0043】

また、接着剤 12a によって、基板 16a と電気光学結晶 11 を容易に結合することができる。

#### 【0044】

実施例1では、ベース部 13 が基板 16 を含み且つ上部を接着剤 12a で構成し、リッジ部 14 を電気光学結晶 11 で構成したことで、電極 15a, 15b との接触面積が広くなり、よって電極 15a, 15b を強固に固定できる。また、電極 15a, 15b の固定に他の接着剤を用いる必要がなくなる。

#### 【0045】

実施例2では、ベース部 13 を基板 16 で構成し、リッジ部 14 の下部を接着剤 12a で構成したことで、他の実施の形態の実施例2と同様の作用効果が得られる。

#### 【0046】

実施例3では、ベース部 13 が基板 16 を含み且つ上部を接着剤 12a と電気光学結晶 11 で構成し、リッジ部 14 を電気光学結晶 11 で構成したことで、他の実施の形態の実施例3と同様の作用効果が得られる。

#### 【0047】

なお、第1ないし第3の実施の形態では、電気光学結晶 11 における光の経路に沿った面の1つである下面に低屈折率媒質 12 や接着剤 12a を設けるとともに上面 11a を外気に露出させたが、上面 11a にも低屈折率媒質を設けることにより、低屈折率媒質同士で電気光学結晶 11 を挟み込む構成としてもよい。

#### 【0048】

図5は、本発明の第4の実施の形態に係る電界光学検出素子の製造方法を示す図である

## 【0049】

第4の実施の形態では、例えば、図5(a)に示すように、結晶成長プロセスで形成された、空洞を有する電気光学結晶を切削することにより、リッジ部の下に空洞を持つ電界光学検出素子を構成することができる。

## 【0050】

また、図5(b)に示すように、予めリッジ部を形成した電気光学結晶と上部に窪みを形成したベース部とを接着剤で接着することにより、リッジ部の下に空洞を持つ電界光学検出素子を構成することができる。

## 【0051】

これらの空洞には、電気光学結晶の屈折率よりも低い屈折率を有する気体として、例えば、空気またはガスを封入することができる。また、これら空洞に外気が流入出できるようにすることができる。また、これら空洞を真空にすることができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0052】

【図1】 第1の実施の形態の電界光学検出素子の光の入射面を示す図である。

【図2】 第1の実施の形態の電界光学検出素子の他の構成例の製造方法を示す図である。

【図3】 第2の実施の形態の電界光学検出素子の光の入射面を示す図である。

【図4】 第3の実施の形態の電界光学検出素子の光の入射面を示す図である。

【図5】 第4の実施の形態の電界光学検出素子の製造方法を示す図である。

【図6】 図6(a)は、課題を含んだ電界光学検出素子の光の入射面を示す図であり、図6(b)は、この電界光学検出素子の斜視図である。

## 【符号の説明】

## 【0053】

11, 100 電気光学結晶

11a 電気光学結晶の上面

12 低屈折率媒質

12a 低屈折率の接着剤

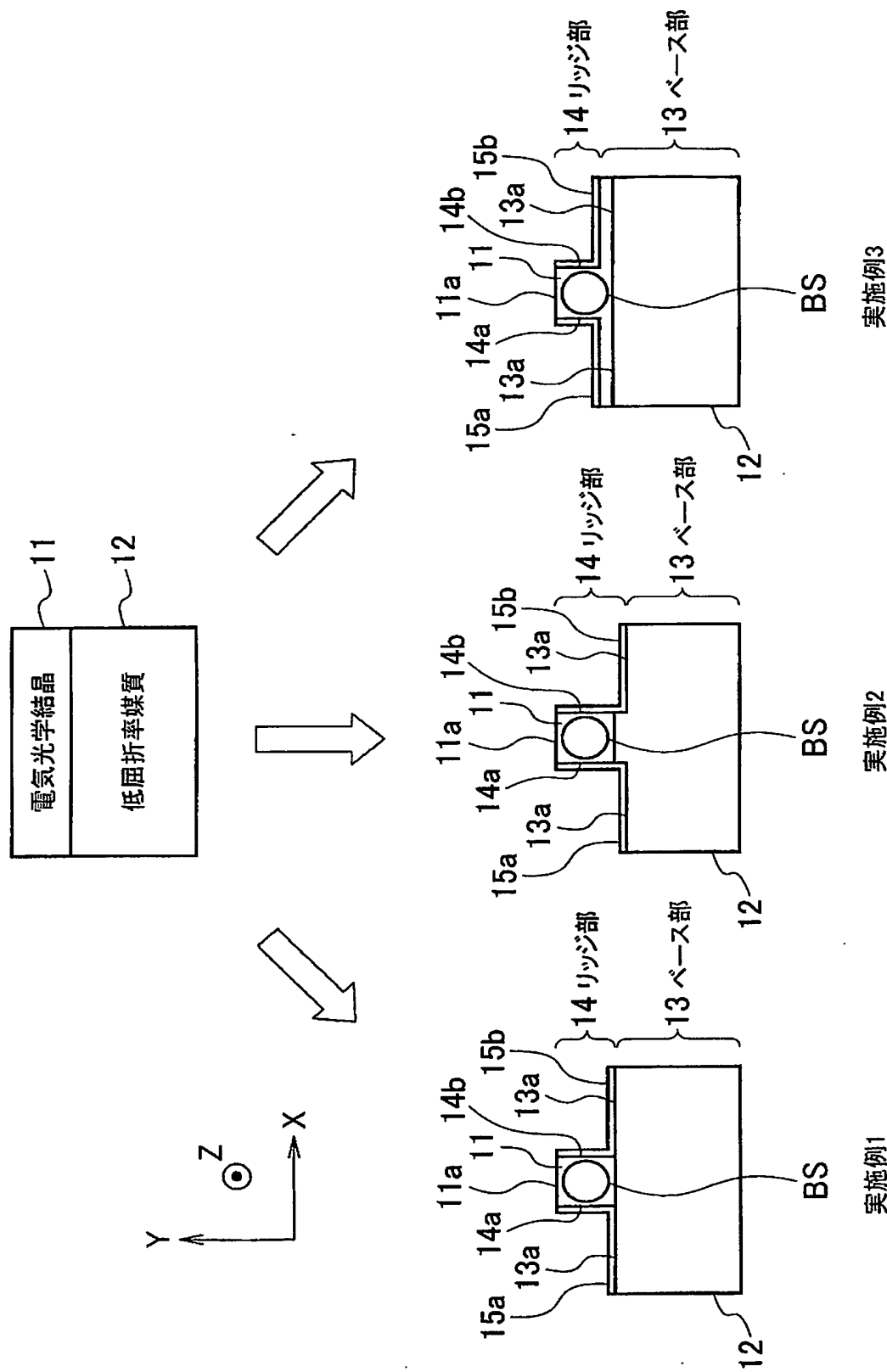
13 ベース部

13a ベース部の上面

14, 101 リッジ部

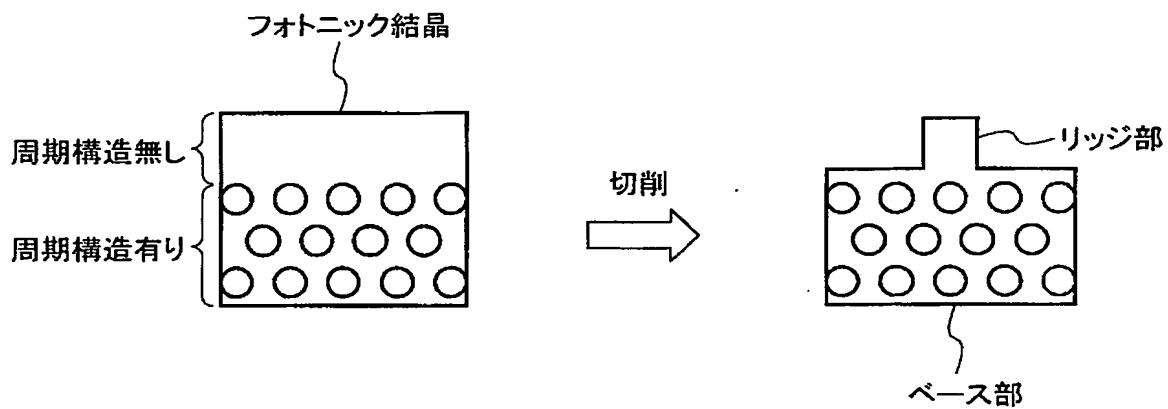
15a, 15b 電極

【書類名】 図面  
【図 1】

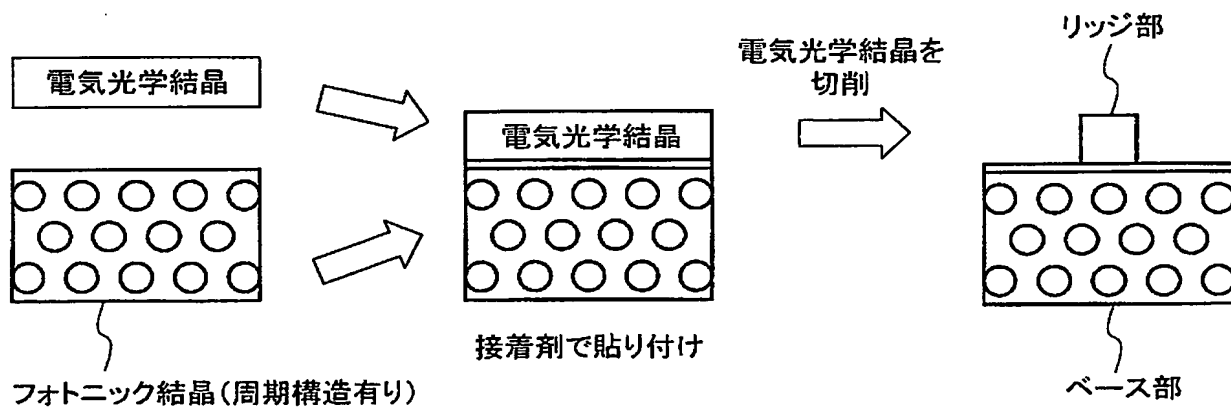


【図 2】

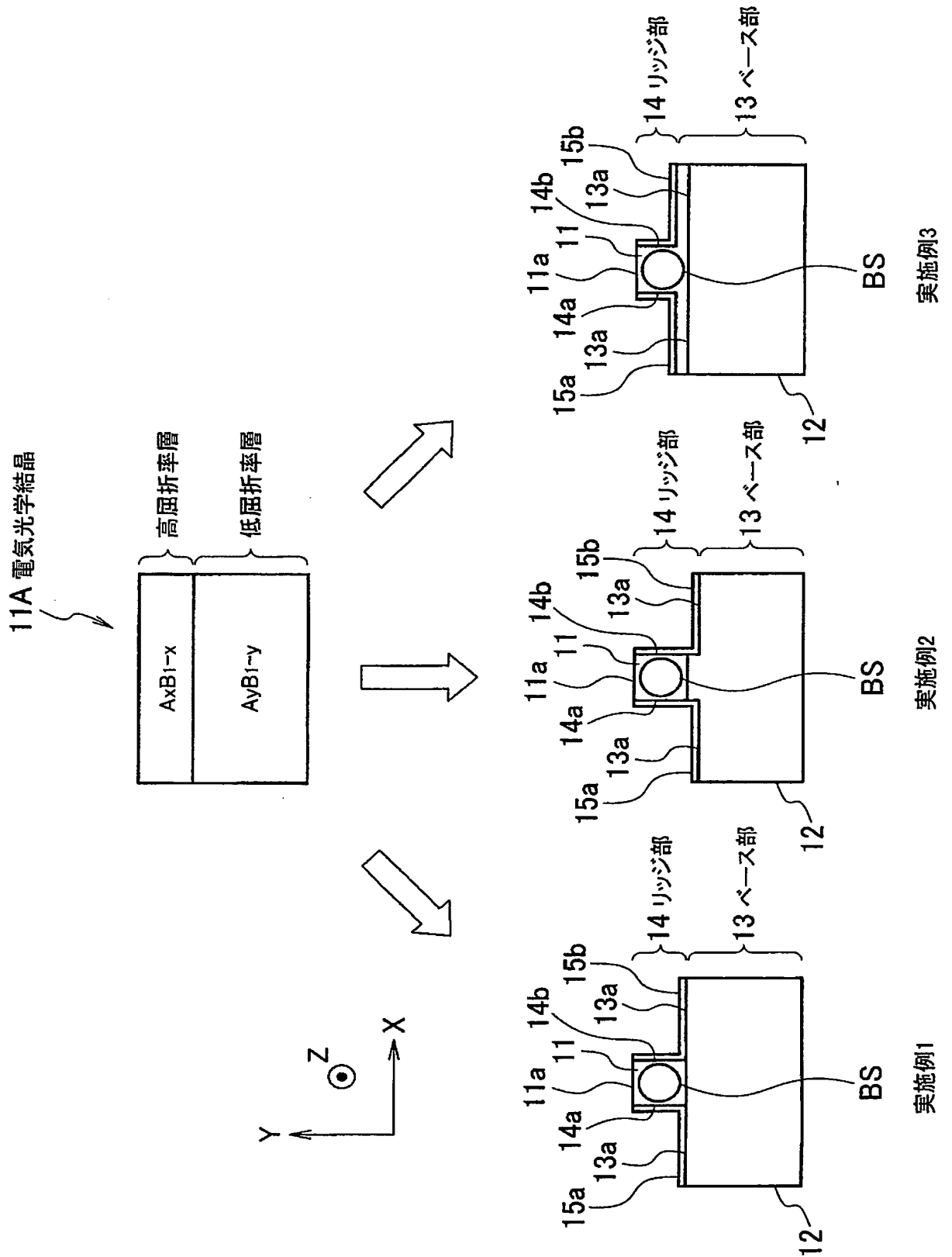
(a)



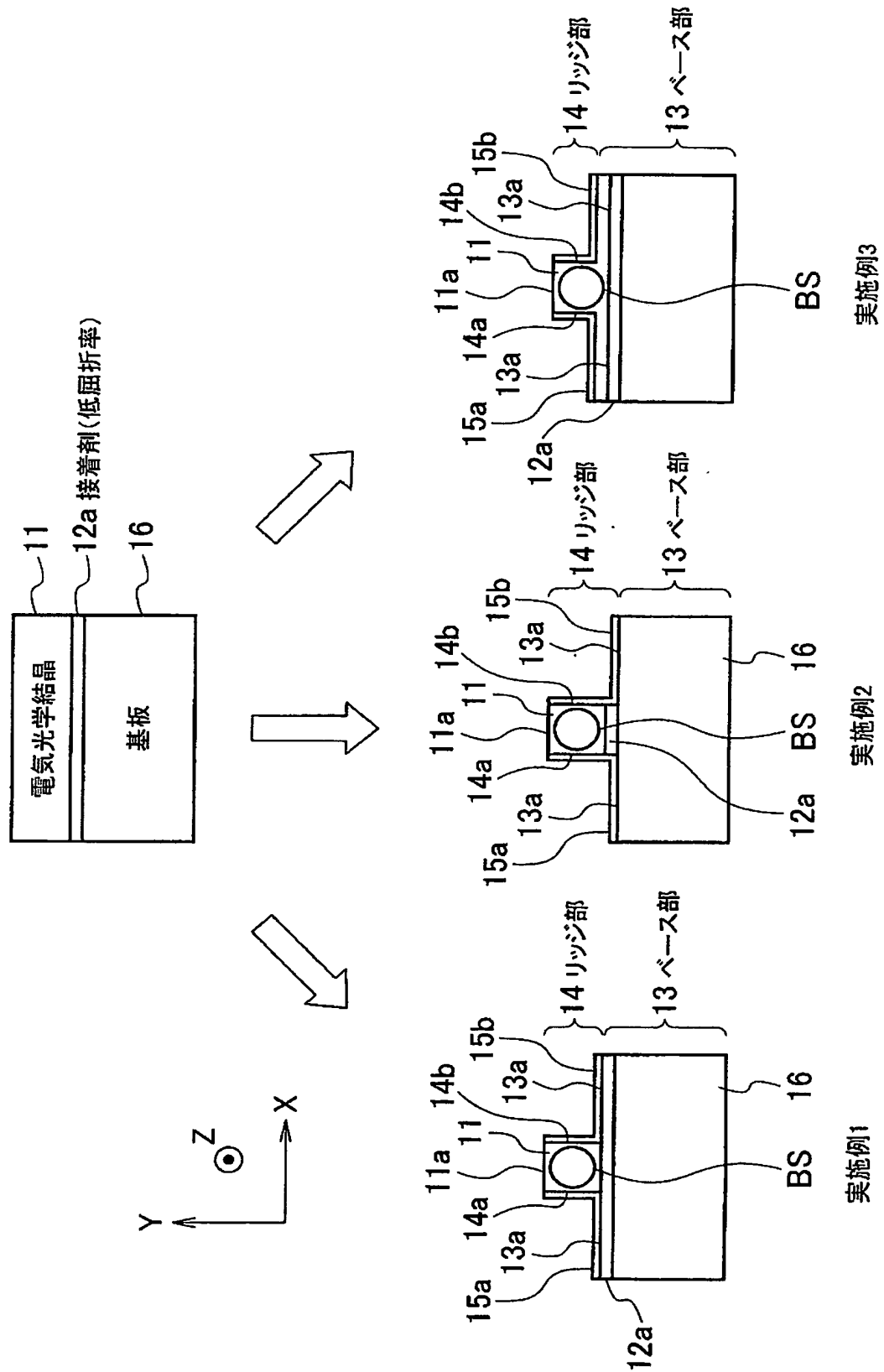
(b)



【図3】

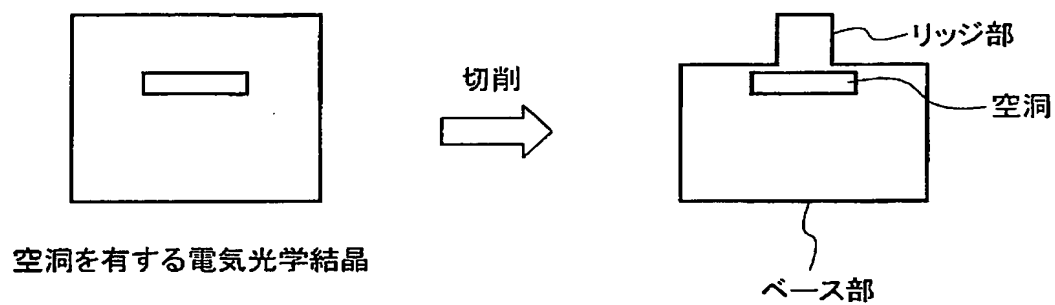


【図 4】

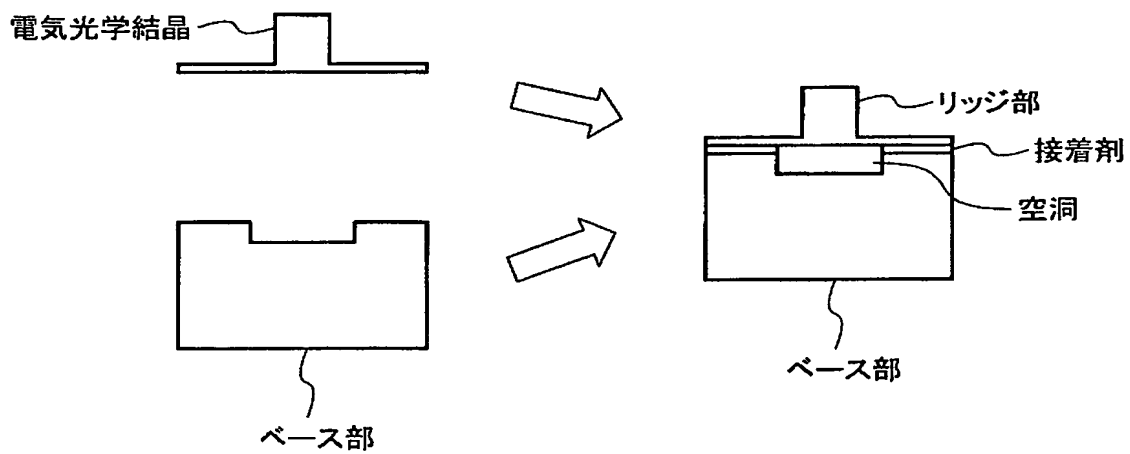


【図 5】

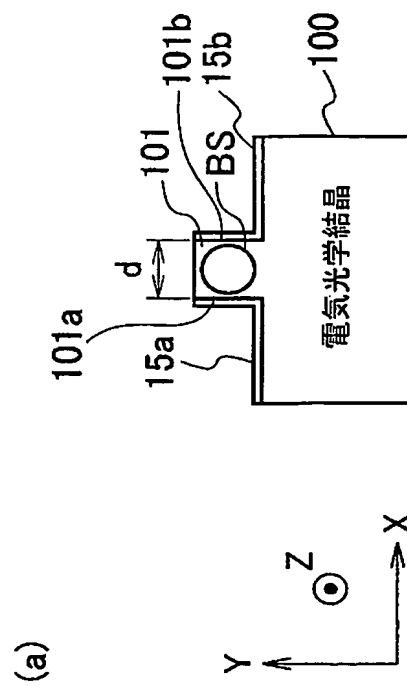
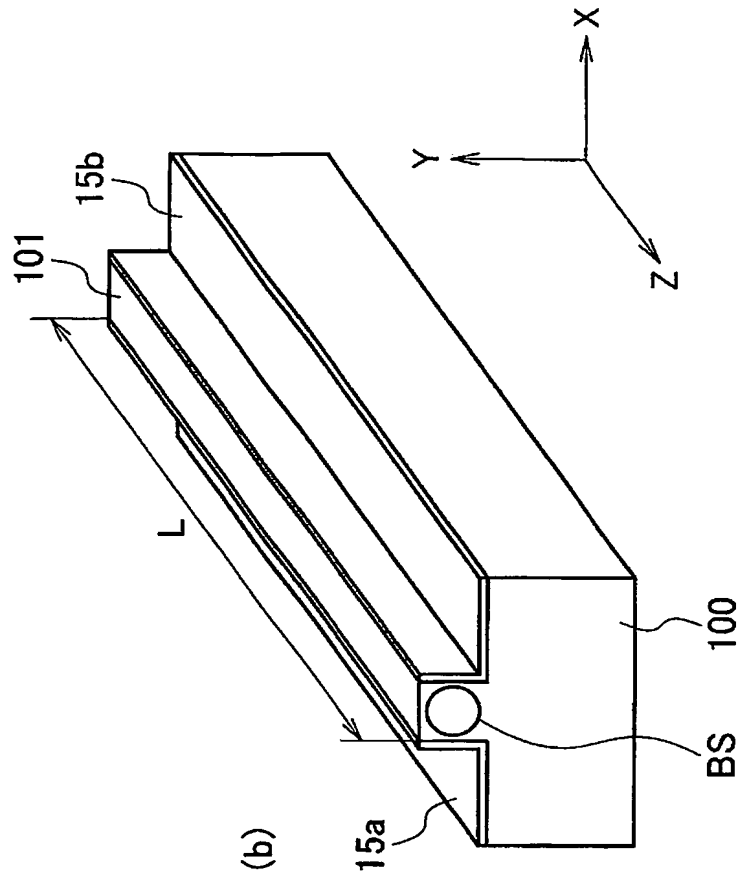
(a)



(b)



【図 6】





## 【書類名】 要約書

## 【要約】

【課題】 電気光学結晶の長さを長くしたときの光の漏れを防止することにより大きな位相変調度を得られる電界光学検出素子を提供する。

【解決手段】 第1の実施の形態の電界光学検出素子は、ベース部13と、ベース部13の上面13aに少なくとも電気光学結晶11を含んで細く（例えば、厚さ $d=0.1\text{mm}$ 程度に）形成され且つ上面11aを外気（例えば空気）に露出させたリッジ部14と、リッジ部14の対向する各側面14a, 14bからベース部13の上面13aに渡って設けられた、横断面がL字状の電極15a, 15bとを備えている。そして、上面11aの上方の外気と低屈折率媒質12とが電気光学結晶11を挟む構成となっている。

【選択図】 図1

特願 2004-111861

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000004226]

1. 変更年月日

1999年 7月15日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

氏 名

日本電信電話株式会社